



Sazonalidade e variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi, RN¹

Marcílio de Lemos², Miguel Ferreira Neto² & Nildo da S. Dias²

RESUMO

Neste trabalho se propõe avaliar a qualidade da água da Lagoa do Apodi, RN, em pontos compreendidos em todo o seu espelho, com ênfase ao monitoramento da qualidade da água sob influência da bacia urbana da cidade de Apodi e do aporte de materiais trazidos pelas águas continentais que adentram e eutrofizam a lagoa, em períodos extremos de temperatura e de precipitação. Amostras sistemáticas no espelho da lagoa foram coletadas seguindo-se seu formato ou ao longo de seu leito. A condutividade elétrica da água da Lagoa varia em todo o seu espelho, principalmente nas extremidades oeste e sudeste, aumentando após o início do período seco e diminuindo após a chegada das chuvas. Há uma grande variabilidade espacial nas características físicas e químicas, sobretudo para pH, CE, RAS e teores de Na e Cl; pode-se inferir, também, que nas águas da lagoa os íons encontrados em maiores níveis foram o cloreto e o sódio, tanto para os pontos de coleta como para a época de coleta. A variação na qualidade bacteriológica da água compromete a balneabilidade da Lagoa do Apodi, principalmente logo após o período das chuvas

Palavras-chave: recursos hídricos, salinidade, coliformes

Spatial variability and seasonality of the water quality in the Lagoa do Apodi Lagoon, RN, Brazil

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the water quality of the Apodi lagoon, in the State of Rio Grande do Norte, Brazil, at points along its surface. The monitoring of the water quality is emphasized as it is under influence of the urban basin of Apodi and due to incorporation of material by the influx of continental waters that lead to eutrophication of the lagoon water in periods of extreme temperatures and precipitation. Systematic samples were collected from the lagoon water surface throughout its length. The electrical conductivity of the Apodi water varies along the surface, mainly in the west and southeast extremities. The water salinity increased with the beginning of the dry period and decreased after the rains. There is a great spatial variability in the physical and chemical characteristics, mainly for pH, CE, RAS and Na and Cl contents. In the lagoon, the most frequent ions were sodium and chloride, both for sample points and time of collection. The change in the bacteriological quality of water compromises the balneary of the Apodi lagoon, especially after the rainy season.

Key words: water resources, salinity, coliforms

¹ Parte da monografia de graduação do primeiro autor apresentada a UFERSA

² DCA/UFERSA, BR 110 do km 47, Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró, RN. Fone: (84) 3312-1799. E-mail: marcirio@hotmail.com; miguel@ufersa.edu.br; nildo@ufersa.edu.br

INTRODUÇÃO

Os desafios emblemáticos e urgentes para a gestão sustentável dos recursos hídricos estão ancorados em função de demandas crescentes para o abastecimento humano e para a conservação da qualidade ambiental, fatores fundamentais para a saúde e a qualidade de vida de populações urbanas e rurais. Nesta direção, algumas ações, como o uso inadequado dos solos, o desmatamento irracional e o uso indiscriminado de fertilizantes, corretivos agrícolas e agrotóxicos, vêm confirmando a previsão da ONU (2004), que destaca os distúrbios ambientais acelerados em áreas de nascentes e ao longo de cursos d'água, fatores que agravam a preocupação com relação à conservação desse recurso, tornando-se essencial o planejamento e a ordenação do uso dos recursos hídricos, no contexto da bacia hidrográfica.

A qualidade da água para fins de consumo, irrigação ou mesmo a qualidade do pescado contido em um rio ou reservatório, são os aspectos mais questionados quando neles são depositados resíduos urbanos como, por exemplo, tensoativos não biodegradáveis, ou seja, sabões em pó, detergentes e desinfetantes, que provocam espessas camadas de espuma na superfície dos corpos d'água e a consequente mortalidade de peixes e plantas por falta de oxigênio; além dos resíduos da atividade agroindustrial como, por exemplo, fertilizantes solúveis e inseticidas, que provocam desequilíbrio na produção do plâncton do qual os peixes se alimentam, levando a um aumento na sua mortalidade; de igual forma, a construção de barragens, a mudança dos cursos d'água e a devastação das matas ciliares causam impactos ambientais irreversíveis, prejudicando a qualidade da água.

O monitoramento da qualidade da água é um dos principais instrumentos de sustentação de uma política de planejamento e gestão de recursos hídricos, visto que funciona como um sensor que possibilita o acompanhamento do processo de uso dos cursos hídricos, apresentando seus efeitos sobre as características qualitativas das águas, visando subsidiar as ações de controle ambiental. De acordo com Coimbra et al. (1999), com o monitoramento qualitativo se constrói a base para decisões de caráter múltiplo e integrado dos recursos hídricos, de forma a minimizar os impactos ambientais e possibilitar a avaliação conjunta das características da água, em conformidade com os usos estabelecidos ou, ainda, definir projetos de recuperação e identificação do grau de poluição existente.

Com base no pressuposto acima, o objetivo do presente trabalho foi avaliar a qualidade da água e os índices de balneabilidade da Lagoa do Apodi ao longo do ano, através de análises físicas, químicas e bacteriológicas.

MATERIAL E MÉTODOS

O reservatório da lagoa do Apodi se situa no semiárido nordestino, inserido na bacia potiguar, que ocupa parte do Rio Grande do Norte e Ceará. O clima predominante na área da lagoa é do tipo BSs'h', com índice xerotérmico variando entre 150 e 200 mm e relevo plano. O contato do arenito da

formação Açú com os calcários da chapada do Apodi se dá na forma de cuesta escarpada, estando a lagoa completamente inserida em área do Arenito da formação Açú embora receba, no quadrante Sudeste da bacia de captação, influência de afloramentos do embasamento cristalino. Os principais sistemas de alimentação da lagoa do Apodi são formados pelo Rio Mossoró, quando o mesmo atinge a cota topográfica de 45 m, córrego da Empresa, que é afluente do Riacho da Barra e pelos riachos da Ponta e das Minas (Sá, 2000).

Para avaliar a sazonalidade e a variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa do Apodi 8 campanhas de coleta de amostra de água foram realizadas ao longo do seu curso, nos anos de 2001 e 2002, em pontos georreferenciados distribuídos de acordo com o contorno da lagoa e a maior profundidade (Figura 1). Coletaram-se, em todos os pontos, amostras de água para caracterização físico-química e, em quatro pontos selecionados próximos à área de influência da bacia urbanizada da Lagoa, foram coletadas amostras para análises bacteriológicas (Figura 1).

Qualidade da água da Lagoa para irrigação

As coletas de amostras de água para caracterização físico-química foram realizadas nos meses de julho a outubro e em dezembro de 2001 e nos meses de março, abril e julho de 2002. As amostras foram coletadas com o uso de um coletor de PVC, captado um volume de aproximadamente 1000 mL de água, o qual foi transferido para as garrafas plásticas, sendo as amostras conduzidas para o Laboratório de Solos e Água da UFERSA para realização das análises físicas e químicas, em que foram determinados a condutividade elétrica da água (CE_d), o pH e a quantidade de íons Ca, Mg, K, Na, CO_3 , HCO_3 e Cl. A RAS foi estimada conforme a metodologia descrita por Ayers & Westcot (1991).

Análise microbiológica

A coleta das amostras para análise microbiológica foi efetuada de março a junho de 2002 e, para a análise bacteriológica, precedeu a coleta de análise físico-química. Esta coleta foi efetuada conforme recomendações de CETESB (1988).

A classificação microbiológica da água seguiu as recomendações da OMS (1971) e da resolução número 20 do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA (1986).

Qualidade bacteriológica

Realizaram-se as análises microbiológicas da Lagoa no laboratório de Microbiologia Veterinária (LMV) da UFERSA, no período de março a junho de 2002. As águas utilizadas como fonte de estudo provieram dos locais mais críticos, em que a lagoa sofre maior influência antrópica, ou seja, despejos de esgotos domésticos. As condições da água foram caracterizadas através da análise microbiológica e as prováveis fontes de contaminação (esgotos sendo lançados diretamente na água sem tratamento prévio) foram registradas por fotografias. A análise microbiológica da água foi realizada por meio da contagem de coliformes totais e fecais e sua identificação, de acordo com APHA (1992). Escolheram-se 4 séries de 4 amostras, no total de 16 amostras de 100 mL de água da lagoa para análise microbiológica; referidas amostras eram

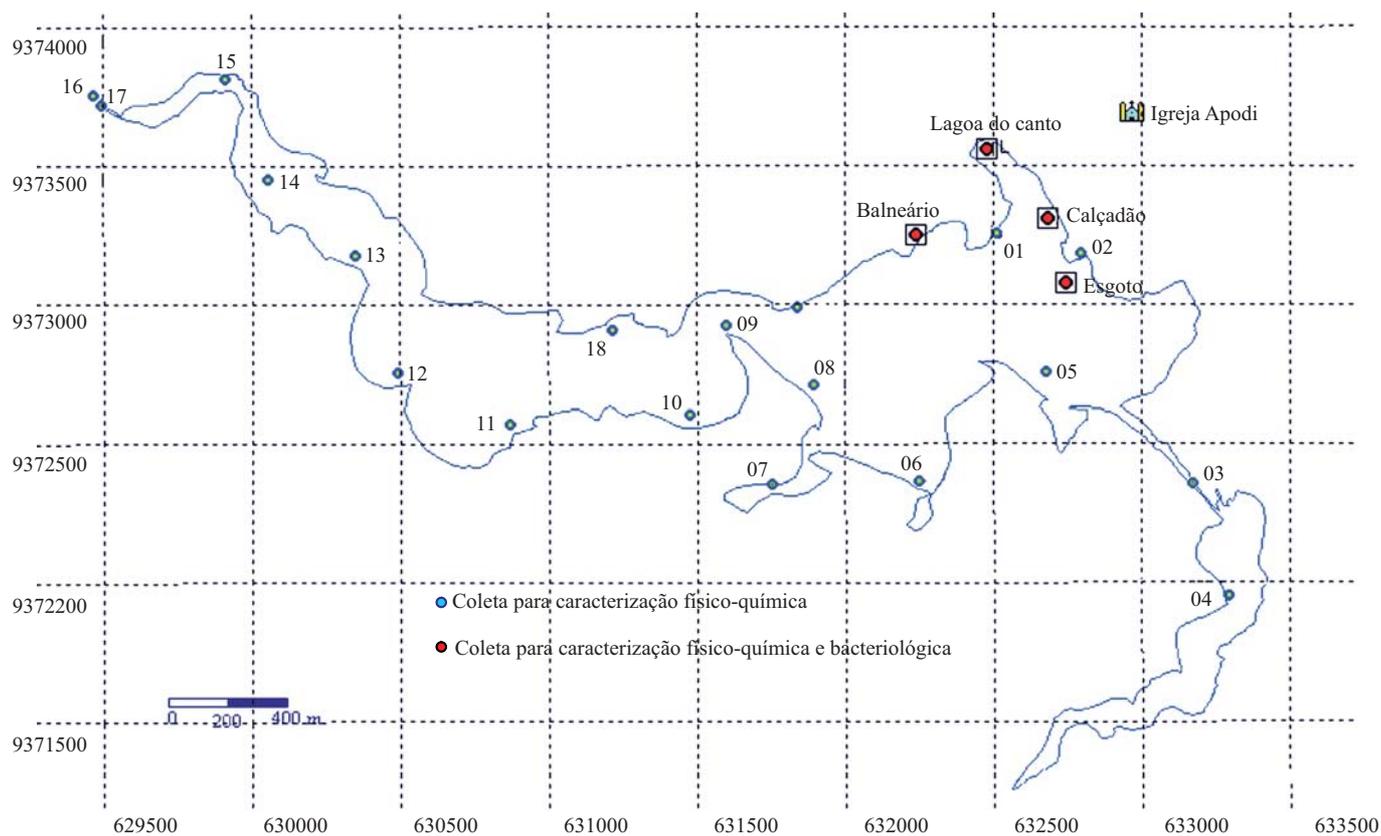


Figura 1. Pontos de coleta de água na Lagoa do Apodi, RN

colocadas em frascos estéreis, acondicionadas em caixas de material isotérmico contendo gelo e enviadas ao laboratório, onde foram submetidas a diluições de até 10^{-6} em água destilada e esterilizada.

A determinação do número mais provável de coliformes totais foi feita a partir de diluições decimais e da amostra direta (1 mL), utilizando-se a técnica do número mais provável (NMP), em uma série de cinco tubos contendo o caldo cauril sulfato de sódio de acordo com a metodologia descrita por APHA (1992). Dos tubos positivos foram transferidas alíquotas da cultura para tubos contendo caldo verde brilhante bile 2% Lactose, com tubos de Durham invertidos; em seguida era feita a incubação em banho-maria a 37 °C, durante 48 horas.

A determinação do número mais provável de coliformes de origem fecal foi realizada a partir de tubos positivos do caldo Lauril sulfato de sódio, transferindo-se alíquotas da cultura para tubos contendo Caldo *Escherichia coli* (EC) com tubos de Durham invertidos; logo após era feita a incubação em banho-maria a 45,5 °C, durante 48 h, de acordo com APHA (1992). Uma alíquota do caldo EC era semeada em Ágar Teague e as colônias suspeitas eram confirmadas através de testes bioquímicos. Realizaram-se as provas bioquímicas confirmatórias como: Indol, Vermelho de Metila, Vougues-Proskauer, Citrato e, também, a prova de motilidade.

Processamento de dados e imagens

Efetuararam-se os estudos de variabilidade espacial da qualidade da água na Lagoa com emprego dos softwares GTM-

Pro e Arcview GIS. Obtiveram-se as variáveis estatísticas (média, mediana, coeficiente de variação, assimetria e moda) com emprego do SAEG, versão 8.0 (Euclides, 2003).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sazonalidade na qualidade da água para irrigação

A Figura 2 mostra a variabilidade das características físicas e químicas nas 192 amostras de água analisadas, estimada pelos parâmetros estatísticos desvio padrão e erro-padrão da média. As águas da Lagoa do Apodi possuem reação alcalina a fortemente alcalina, como observado pelos registros de pH, sempre próximos de 8,0 enquanto algumas amostras apresentaram reação ligeiramente ácida. Observa-se que a CE foi sempre menor que 2 dS m^{-1} e o íon cloreto indicou maior variabilidade quando comparado com os demais ânions, demonstrando que os sais formados na água são predominantemente cloretos de sódio, magnésio e cálcio.

A Figura 3 demonstra que há uma variabilidade de pH e condutividade elétrica ao longo do período de coleta. O aumento da condutividade elétrica da água ao longo dos meses de coleta foi ocasionado pela ausência de precipitação associada à alta evaporação do corpo d'água e, conseqüentemente, pelo aumento da concentração de sais na água. De acordo com Richards (1954), há uma grande dependência da qualidade da água em relação à época de amostragem, sendo bastante influenciada pela variação do nível da água. Martins (1993) avaliou a qualidade da água nos mananciais superficiais para

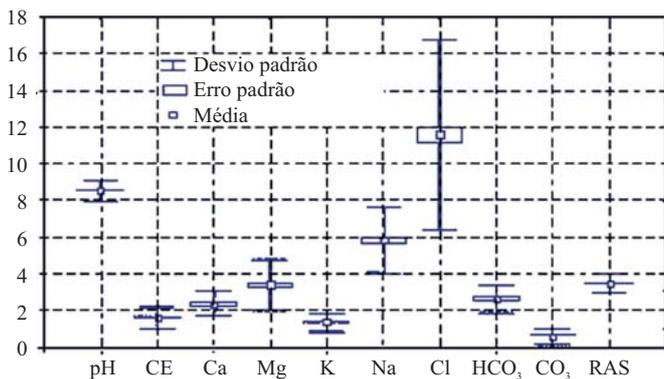


Figura 2. Parâmetros estatísticos indicadores da variabilidade espacial e sazonal das características físicas e químicas nas amostras de água na Lagoa do Apodi

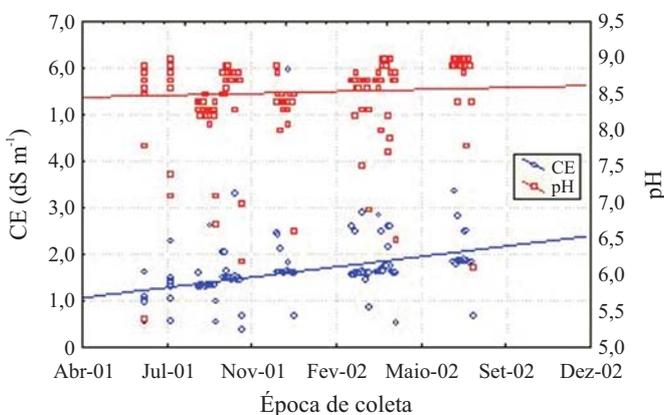


Figura 3. Condutividade elétrica e pH da água da Lagoa do Apodi, RN, em função da época de coleta

irrigação na Zona Oeste Potiguar e concluiu que a maioria das fontes de águas estudadas, em torno de 75%, não apresentou restrições de uso para a irrigação (Richards, 1954; Ayers & Westcot, 1991); entretanto ocorreu, no período de fevereiro a maio, diminuição da concentração de sais melhorando a qualidade dos mananciais superficiais disponíveis para irrigação na Zona Oeste Potiguar.

Essas diferenças da qualidade da água dos mananciais em função da época do ano se devem à diminuição do nível das águas na estação seca, o que confirma os resultados obtidos por Oliveira et al. (1998) e Lobato et al. (2008) nas águas do rio Mossoró, RN e na barragem Santa Rosa, CE, respectivamente. Porém Brito et al. (2005), não observaram variações significativas nas variáveis de qualidade das águas entre os períodos seco e chuvoso nas águas da bacia hidrográfica do Salitre, BA.

É importante ressaltar que não existe um limite fixo da qualidade da água na agricultura e o seu uso é determinado pelos fatores que controlam a acumulação dos sais no solo e seus efeitos nos rendimentos das culturas (Ayers & Westcot, 1991). De acordo com Dias et al. (2003), a avaliação dos riscos de salinização de uma área mediante a água de irrigação, não poderá ser realizada simplesmente pela qualidade da água visto que seus efeitos dependem das características físico-químicas do solo, da tolerância das culturas exploradas, das condições climáticas locais e do manejo da irrigação e drenagem; desta forma e apesar da importância do estudo da qualidade da água, nunca se deve esquecer de que ela é tão somente um dos fatores através dos quais não é possível de se desenvolver um sistema de classificação de água que possa ser usado em todas as circunstâncias.

Verifica-se, na Figura 4, uma variação da qualidade da água da lagoa com ênfase ao acúmulo de sais, com o passar do tempo, com médias de CE_a variando entre 1,108 e 2,336 $dS\ m^{-1}$, comprovando a amplitude da variação dos

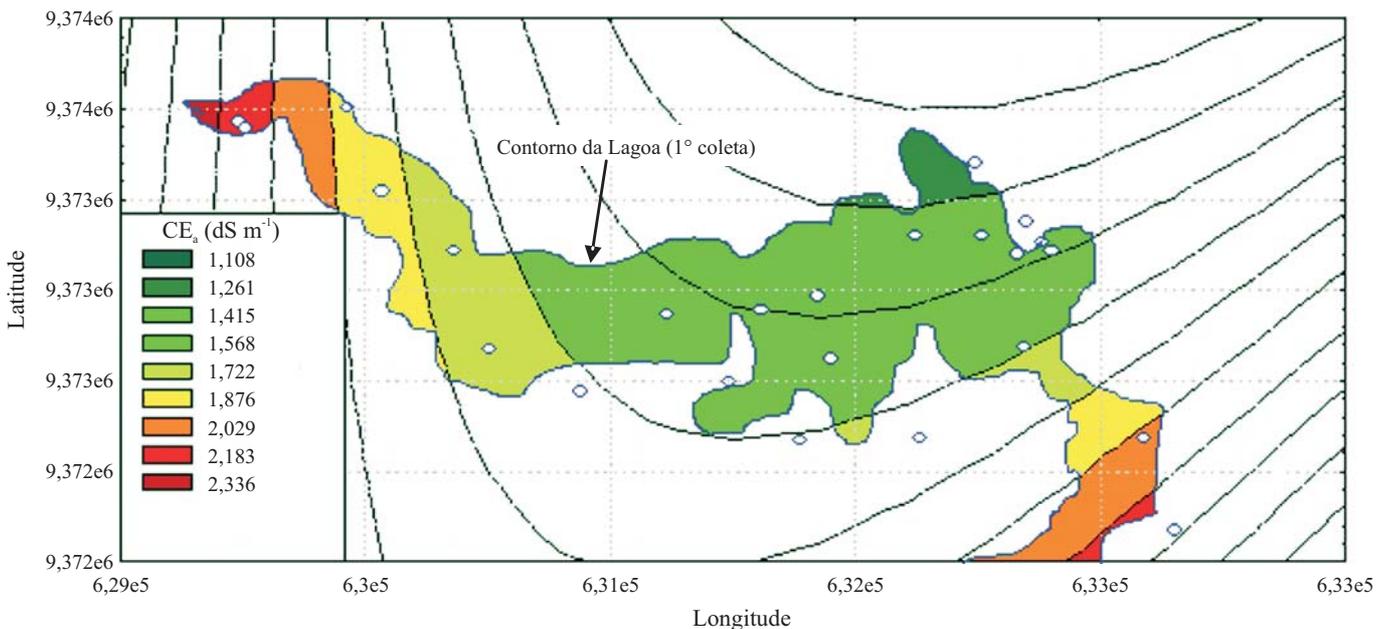


Figura 4. Variabilidade da salinidade da água no período de julho de 2001 a julho de 2002, na Lagoa do Apodi, RN (Pontos fora da área de contorno, dependendo da época do ano, não estavam cobertos pela diminuição do nível da água na lagoa)

dados de CE_a em apenas dois anos de coleta, indício da formação de um ambiente inóspito para a vida aquática e, conseqüentemente, indesejável para quem, direta ou indiretamente, depende dela. No extremo noroeste, de vez que os pontos próximos ao local de coleta (Latitude $93^{\circ} 74' 00''$) servem como passagem de pedestres, divididos apenas na parte baixa da estrada por pedras marroadas, eles apresentam alta salinidade em relação à média do respectivo estudo; já na extremidade oposta da lagoa (Longitude $63^{\circ} 33' 00''$) o fato ocorre de forma semelhante; a diferença é que neste local existe a formação de um lago natural na época de águas baixas e, com grande déficit no balanço hídrico ao longo do

tempo a área se encontra salinizada e passa a ser chamada, pelos pescadores, margem salina. A eutrofização do lago natural está sendo ajudada pela construção de uma passagem de pedestre dentro da lagoa e próximo ao lago. Com base nesta constatação fica evidente que a ação do homem tem ajudado significativamente na eutrofização da lagoa do Apodi, com ênfase a má gestão do poder público em gerenciar os conflitos de interesse popular na área da lagoa.

A Figura 5 mostra a variabilidade da condutividade elétrica da água realizada durante as campanhas de coleta de amostra de água da Lagoa do Apodi. A CE_a variou no mês de julho de 2001, entre 0,942 e 1,205 $dS m^{-1}$ (Figura 5A),

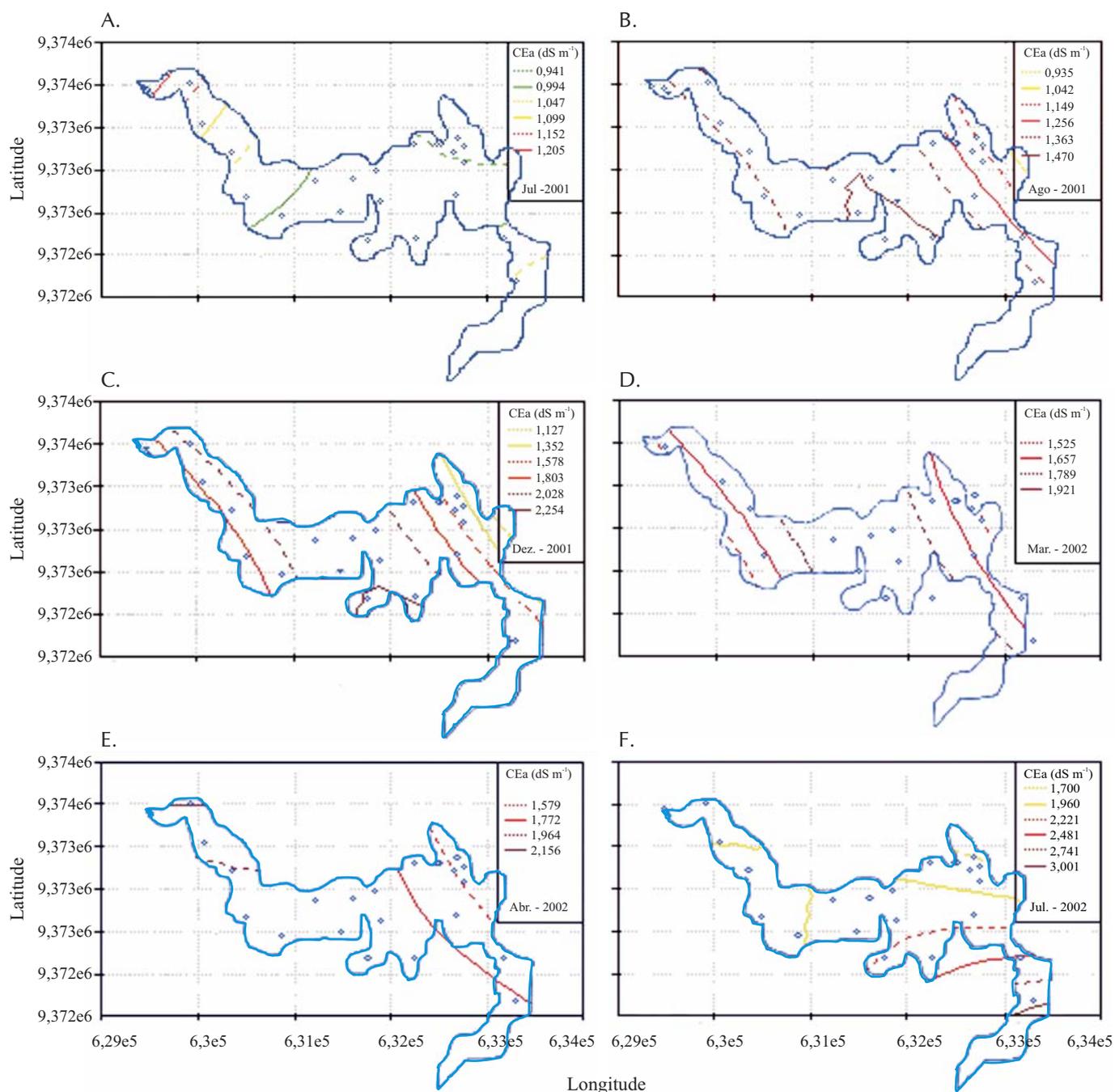


Figura 5. Variabilidade da condutividade elétrica da água realizada durante as campanhas de coleta na amostra de água da Lagoa do Apodi, Rio Grande do Norte

mês este caracterizado por ser o segundo mês do início do período seco. Os pontos de coleta de água com maior CE foram nos locais da margem Noroeste e Sudeste da lagoa; no extremo Noroeste isto ocorre por se tratar de um ponto separado por uma estrada carroçável (Latitude $93^{\circ} 74'' 00''$), fazendo com que as águas das chuvas não sejam diluídas o bastante para que a amostra da água deste ponto representasse a média da lagoa; o lago artificial separado por esta estrada possui, em suas margens, criação intensiva de porcos (suínos) que contribuem para a destruição da mata ciliar com consequente erosão dos solos e carreamento dos resíduos para dentro da lagoa.

A Figura 5B evidencia que a CE_a no mês de agosto de 2001 variou entre 1,042 a 1,470 $dS\ m^{-1}$, mês em que, além das duas extremidades, outra formação lagunar aparece e, pelo rápido decréscimo do nível da lagoa causado pela evaporação excessiva, conduz a um aumento da CE média da água. A lagoa da lama, como é conhecida pelos pescadores, é uma área que inclui três pontos de coleta de água com altos valores de CE, suficientes para apresentar alta variação no modelo dos semivariogramas, ou seja, a CE_a desses pontos de coleta elevou a média geral no modelo dos semivariogramas.

No mês de dezembro de 2001 a salinidade da água variou entre 1,127 a 2,254 $dS\ m^{-1}$ (Figura 5C), sendo o mês que apresentou as maiores variações da CE_a nas margens da passagem para Severiano Melo e na margem salgada confirmando, assim, a tendência de salinização, como já fora confirmado nos outros meses analisados, em que as duas áreas se destacaram sempre como as mais salinas e propensas à salinização por acúmulo de sais ao longo dos anos. Com o acúmulo dos sais ao longo dos vários anos, isto é, eutrofização das águas e com a contínua e intensa influência antrópica na lagoa, ocorre uma forte configuração de impacto ambiental.

A Figura 5D evidencia que, em março de 2002, a salinidade da água variou entre 1,525 a 1,921 $dS\ m^{-1}$; este é o mês que marca o reinício das chuvas e consequente diluição dos sais presentes na lagoa. Mesmo sem a influência do Rio Apodi-Mossoró, a salinidade começa a declinar confirmando, então, a influência da relação período seco/chuva sobre a concentração de sais da lagoa. Com as margens desprotegidas a lagoa sofre eutrofização pelo aporte de materiais trazidos pela erosão nos locais em que as margens sofrem maior influência antrópica; já para o de abril de 2002 a CE_a variou entre 1,579 e 2,156 $dS\ m^{-1}$ (Figura 5E), constatando-se alta variação no modelo dos semivariogramas em razão de alguns pontos das margens oeste e sudeste apresentarem valores de CE_a elevados, fazendo com que a média geral do modelo se eleve também.

A CE_a no mês de julho de 2002 variou entre 1,70 e 3,001 $dS\ m^{-1}$ (Figura 5F), constatando-se maior CE_a quando os pontos de coleta se afastam do centro da lagoa para as margens oeste e sudeste, mostrando que neste mês há predomínio de salinidades mais baixas no centro da lagoa, uma vez que a lagoa recebeu um volume maior de água das chuvas distribuído equitativamente em todos os pontos; neste período a margem sudeste, conhecida por margem salina, está separada completamente da lagoa indicando cada vez mais valores de condutividade elétrica elevados.

Íons em solução

A Figura 6A mostra a variação na qualidade da água analisada pela condutividade elétrica durante as oito campanhas de coleta, evidenciando que o aumento da concentração dos íons ocorre durante o ano, influenciado pelo período seco.

Os íons que predominam em solução na água da lagoa do Apodi são o cloreto e o sódio. A Figura 6B apresenta tendência de variação sazonal desses íons evidenciando-se um aumento da sua concentração durante o ano, influenciado pelo período seco, época em que ocorre efeito de concentração dos mesmos em decorrência da elevada evaporação no corpo de água analisado. Pode-se verificar, ainda, maior índice de cloreto em relação às concentrações de sódio encontradas nas 8 coletas realizadas ao longo do período de amostragem. Os teores de Cl⁻ encontrados revelam a importância que deverá ser admitida para o manejo da água quanto ao uso para irrigação diante dos efeitos tóxicos causados às folhas das plantas e, também, em relação aos teores de Na⁺ quanto aos riscos de toxidez e sodificação.

Em referência à quantidade usualmente encontrada em águas doces, os cloretos não são prejudiciais; entretanto, altas concentrações do íon cloreto podem trazer restrições ao sabor e, desta maneira, levar o consumidor a procurar outras fontes de suprimento, frequentemente de qualidade sanitária pouco desejável (Batalha & Parlato, 1977). O

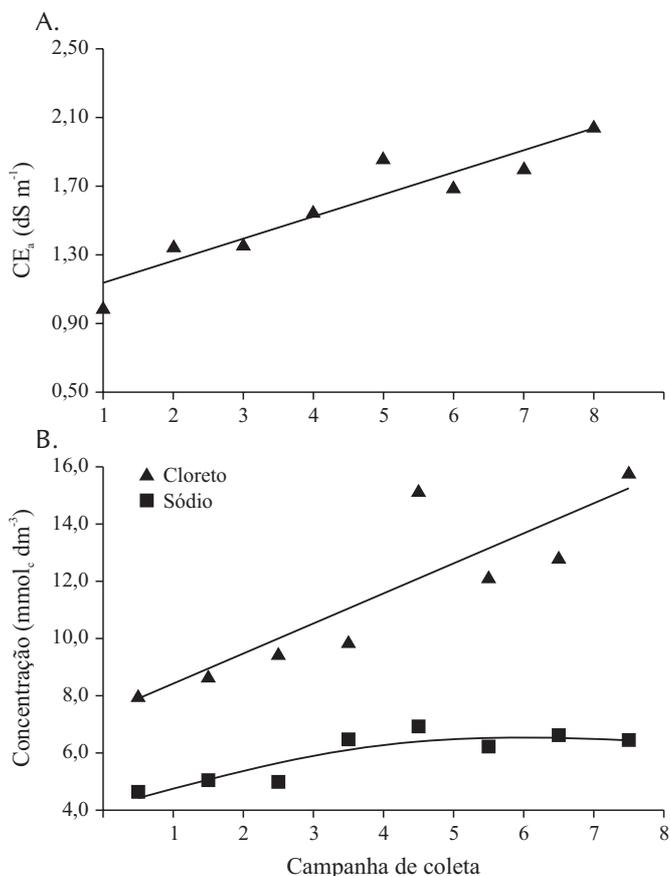


Figura 6. Curva de tendência da salinidade da água (A) e concentração de íons cloreto e sódio na água em oito meses de coleta (B) (1-julho de 2001; 8-julho de 2002), na Lagoa do Apodi, RN

sódio ocorre em quantidades variáveis nas águas naturais; altos valores (acima de 200 mg L^{-1}) podem causar distúrbios às plantas, sobretudo retardar a absorção de cálcio, magnésio e potássio.

Medeiros et al. (2003), estudaram a qualidade da água do aquífero situado no calcário da formação Jandaíra, localizada na Chapada do Apodi e concluíram que, em alguns poços de coleta, o elevado teor de cloreto na água pode causar toxidez às plantas sensíveis a moderadamente sensíveis, especialmente quando irrigadas por aspersão.

A Figura 7A demonstra que as 192 amostras da lagoa do Apodi analisadas com relação aos cátions presentes em solução estão dentro dos padrões de potabilidade de 662 amostras de águas analisadas em todo o mundo, por Davies & Dewiestt (1966). Por sua similaridade química, o sódio e o potássio são quase sempre apresentados em um todo e considerados uma única unidade (Logar, 1965). Percebe-se que, se não houver mudança na gestão e gerenciamento da lagoa em poucos anos, esses dados não serão favoráveis, advindos de impactos ambientais.

A Figura 7B demonstra maior índice de cloreto em relação aos outros ânions presentes na água da lagoa, frente aos baixos níveis de bicarbonatos e carbonatos analisados. Observou-se, ainda, que os maiores valores foram obtidos na primeira coleta, o que corresponde ao período de baixa precipitação e que, ao longo dos estudos, os valores foram menores, provavelmente por terem sido diluídos em função do maior volume de água no período chuvoso. Bringel et al. (1984), em análise realizada durante o período chuvoso na bacia do rio Parauri-Maués-Açu, observou que os níveis de cloreto na água variam em função da chuva mas podem variar também em função do sistema de drenagem realizado pelas águas dos rios da bacia.

Qualidade bacteriológica da água (coliformes totais)

A Figura 8A evidencia a variação dos números de coliformes totais por 100 mL de água coletada no primeiro mês de coleta, com o início do período chuvoso; os valores de coliformes variaram de 255 a 1100 coliformes/100 mL de água; níveis aceitáveis de coliformes, de acordo com o CONAMA (1986). Em se tratando de coliformes totais, a quantidade de bactérias do “calçadão” foi semelhante aos dados de Welch et al. (2000), que encontraram 79% de coliformes totais em 132 amostras pesquisadas mas podem estar ou não em níveis indesejáveis pelo fato dos coliformes totais não indicarem contaminação fecal recente ou de enteropatógenos, visto que a maioria desses micro-organismos pode estar presente no solo ou em vegetais em decomposição. Os esgotos lançados diretamente na água se concentram próximo à “Lagoa do Canto” e ao “Calçadão”, sendo esses dois pontos próximos do “Balneário”, o qual sofre influência dos dois pontos. Por se tratar de um período em que se estão iniciando as chuvas, a quantidade de coliforme total é baixa em relação aos outros meses de coleta.

O mês de abril de 2002 (Figura 8B) evidencia um grande aumento no número da população microbológica da lagoa correspondendo ao período chuvoso. Conforme Emiliani & González (1998) o aumento do número de coliformes é cau-

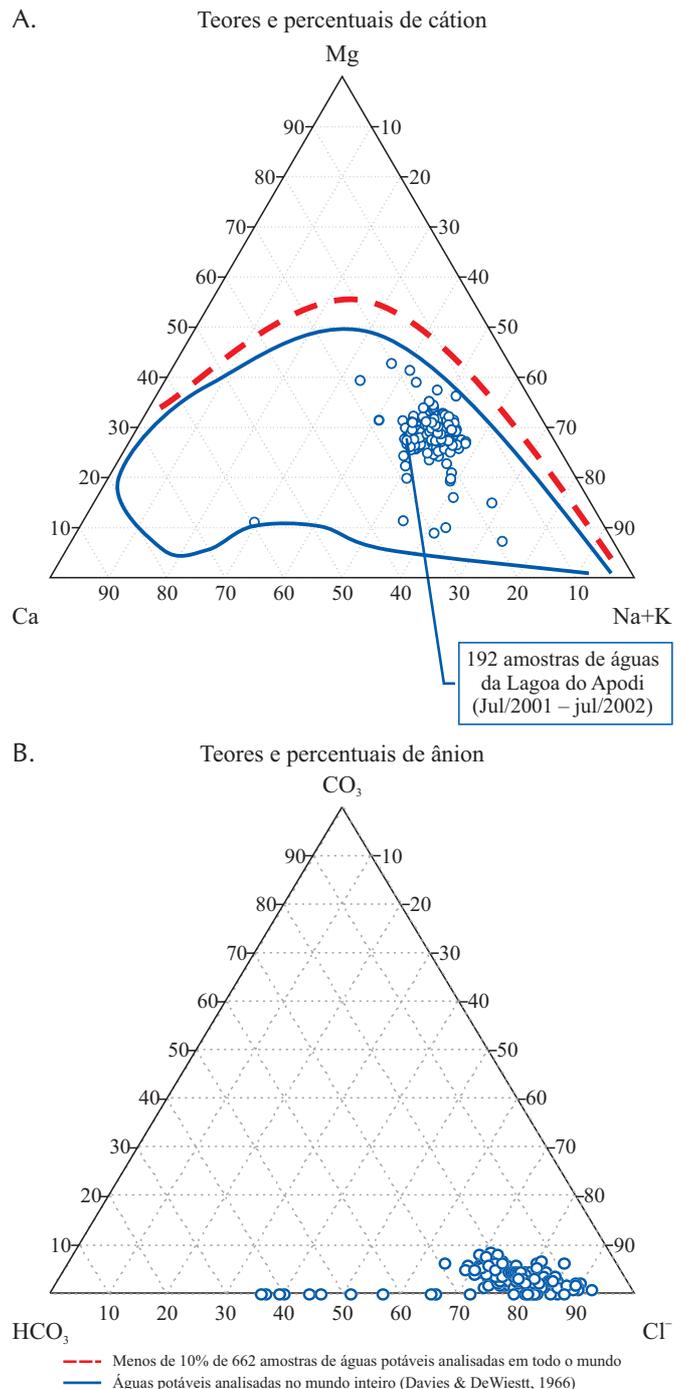


Figura 7. Teores relativos de cátions dissolvidos na Lagoa do Apodi em comparação com as águas potáveis analisadas, conforme dados da Literatura (A) e teores percentuais relativos de ânions dissolvidos (B)

sado pelas chuvas que aportam detritos do continente ou das margens, para dentro da lagoa; neste mês o ponto “Lagoa do Canto” foi o mais representativo, chegando a ser superior ao mês referente à coleta anterior. A quantidade de coliformes totais variou entre 0 e $2,2 \times 10^6$, configurando a maior variação de coliformes totais durante a época de coleta.

Para o mês de maio (Figura 8C), fica evidente a persistência dos coliformes totais, ainda considerado período chuvoso mas ocorre em menor quantidade variando entre 0 a 8×10^4 coliformes/100 mL de água. Segundo Emiliani &

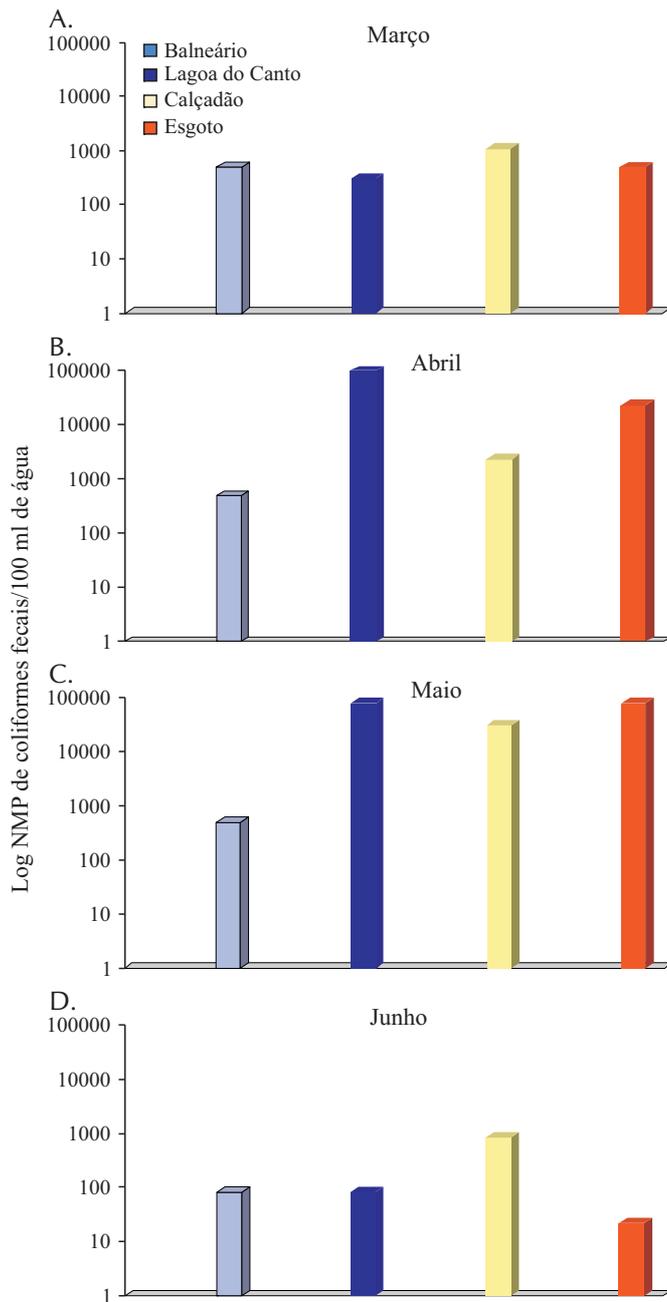


Figura 8. Variação na quantidade de coliformes totais em quatro locais de coleta na Lagoa de Apodi nos meses de março (A), abril (B), maio (C) e junho (D) de 2002

Gonzalez (1998), a variação acontece de acordo com o regime das chuvas; até então, havia uma alternância entre a “Lagoa do Canto” e o “Calçadão”, onde se concentra o maior volume de esgotos despejados nesses pontos. O esgoto que, teoricamente, contamina o ponto, também denominado “Esgoto”, em evidência este mês, não desemboca diretamente na lagoa estando seu local de despejo a 200 m dela; possivelmente outro fator, além da chuva, esteja em atuação posto que no mês anterior o mesmo “Esgoto” demonstrou um índice de contaminação bastante inferior. Um exemplo do que supostamente esteja acontecendo é um volume maior de esgoto, associado com o aumento do nível hidrométrico da lagoa reportando que o aumento da maté-

ria orgânica está diretamente relacionado ao aumento de coliformes, principalmente de coliformes totais.

Por outro lado, a Figura 8D evidencia a significativa redução do número de coliformes totais no mês de junho posto que, para o clima da região, este mês equivale ao final do período chuvoso. A variação de coliformes totais ficou entre 90 e 800 coliformes totais/100 mL de água, cujo quadro confirma a influência da bacia urbanizada da cidade de Apodi através de esgotos ou detritos orgânicos, principalmente na “Lagoa do Canto” e no “Calçadão”.

Qualidade bacteriológica da água (coliformes fecais)

De acordo com a OMS (1971) e o CONAMA (1986) para água de consumo humano ou água potável e para proteção da fauna aquática, as amostras devem apresentar 500 coliformes fecais/100 mL de água para serem consideradas com níveis aceitáveis de contaminação, ou seja, nível satisfatório de coliformes/100 mL de água.

A Figura 9A denuncia a recente contaminação pela presença de coliformes fecais em que, para a água de consumo humano ou potável e, ainda, para proteção da fauna aquática, os níveis de coliformes estão dentro dos padrões. Este período na região estudada marca o início das chuvas porém ainda não há influência deste fator pois os pontos Lagoa do Canto e Calçadão recebem descargas vindas apenas dos esgotos da bacia urbanizada da cidade de Apodi mas os índices de coliformes foram equivalentes para todos os pontos (500 coliformes fecais/100 mL).

Evidencia-se, no mês de abril, a variação do número de coliformes fecais em relação ao mês de março, uma variação de 500 coliformes fecais/100 mL para 2300 coliformes fecais/100 mL (Figura 9B); esses níveis estão acima dos níveis adotados pela OMS (1971) e pelo CONAMA (1986) para água de consumo humano ou potável e para a preservação de ambientes aquáticos. O mês de abril é caracterizado por um índice pluviométrico maior, em que o aumento dos coliformes fecais em todos os pontos é indicado pela linha de 1000 coliformes/100 mL e os valores a ultrapassar este índice foram os pontos Lagoa do Canto e Calçadão, justamente no esgoto em que, vindo da cidade de Apodi são despejados sem tratamento. Segundo Rebouças et al. (2001), em virtude da grande capacidade de dissolução e transporte do mais variado tipo de material, a água representa um veículo de impurezas como, por exemplo, de micro-organismos patogênicos.

A Figura 9C mostra o aumento significativo do número de coliformes fecais em relação aos outros meses de coleta, estando esses números proporcionalmente relacionados com o número de coliformes totais indicando um alto índice de contaminação fecal advindo dos criatórios que margeiam a lagoa e da bacia urbanizada da cidade de Apodi, trazidos pelas chuvas. O número de coliformes fecais/100 mL variou de $2,3 \times 10^3$ para 8×10^4 coliformes/100 mL; percebe-se que os pontos Lagoa do Canto e Calçadão, tiveram aumento considerável, pontos que recebem o esgoto direto. Os números de coliformes acima relacionados são preocupantes haja vista que 80% de bactérias pertencentes aos coliformes fecais provenientes de esgoto são resistentes a um ou mais antibióticos e de acordo com Welch et al. (2000) em pesquisa reali-

zada 61,1% das amostras de coliformes fecais apresentam *E. coli* hemolítica, verotoxigênica e enteropatogênica, bactérias patogênicas ao homem. Segundo Emiliani & Gonzalez (1998) o número de coliformes fecais/100 mL está diretamente relacionado com os níveis de chuva local. O aumento dos coliformes associado ao aumento do nível hidrométrico indica a presença de contaminadores de origem difusa. Constatou-se que a chuva afetou a qualidade bacteriológica, especialmente o período de água baixa. Durante períodos de água alta um dos primeiros contribuidores para os coliformes era representado pelas ilhas entrantes flutuantes e macrofitas aquáticas, de sistemas fluviais alóctones.

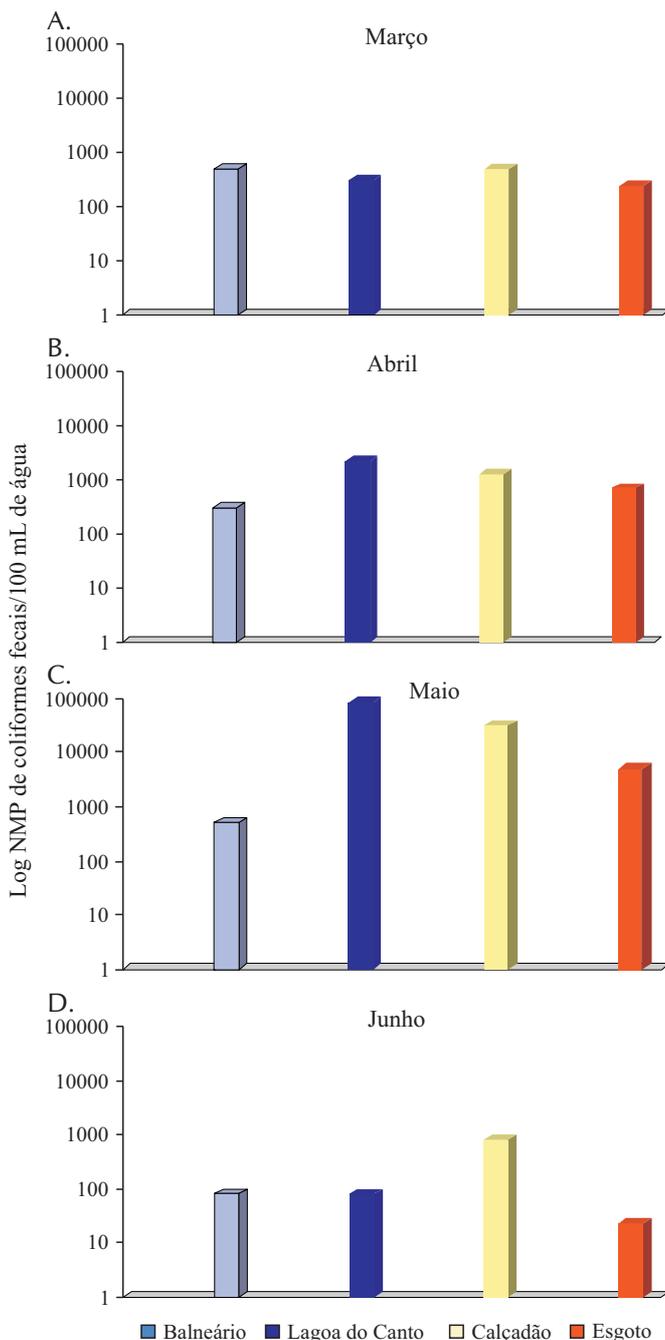


Figura 9. Variação na quantidade de coliformes fecais em quatro locais de coleta na Lagoa de Apodi nos meses de março (A), abril (B), maio (C) e junho (D) de 2002

A Figura 9D mostra a diminuição do número de coliformes fecais/100 mL; neste período ocorre a diminuição das chuvas passíveis de ser caracterizado como período de seca. A linha de tendência dos coliformes fecais se apresenta crescente ainda no período seco demonstrando que os coliformes não são afetados por parâmetros físico-químicos embora a temperatura seja um fator que favorece o crescimento de bactérias do grupo de coliformes. Emiliani & González (1998) afirmam, em sua pesquisa, que correlações estatisticamente significativas entre bactérias coliformes e outras variáveis (temperatura, oxigênio, pH, condutividade elétrica e transparência) não foram encontradas.

Na Figura 10 constam todos os dados das análises microbiológicas, especificamente de coliformes totais e fecais dos quatro meses de coleta das amostras e evidencia a relação direta entre a quantidade de chuva com o posterior aumento da quantidade de bactérias pertencentes a esses grupos, os quais estão sendo considerados para indicar a poluição recente da Lagoa do Apodi. No período seco alguns pontos da lagoa estão sendo mais influenciados apenas pelo esgoto das galerias pluviais provenientes da cidade de Apodi, sendo os níveis de contaminação aceitos pelos órgãos de controle (OMS, 1971; CONAMA, 1986) para água potável e para a balneabilidade. Embora sejam esses esgotos jogados diretamente sem tratamento não se pode, no entanto, confundir com os níveis de aceitabilidade para água de consumo direto que, neste caso, seria inaceitável.

No período chuvoso a lagoa recebe influência para além das águas das galerias pluviais, também dos detritos acumulados sobre a área da cidade aumentando a contaminação da lagoa a níveis considerados inaceitáveis. Aumentando o risco de contaminação das pessoas, a lagoa se torna “imprópria” para qualquer atividade, principalmente para a pesca, já que os esgotos da cidade não são tratados, fonte de preocupação de centenas de famílias que sobrevivem da atividade como forma de subsistência.

Pode-se afirmar, também, que existe uma correlação direta entre os dois grupos quando o aumento da oferta de um (coliforme fecal) é precedida do aumento da oferta do outro (coliforme total) e os dois seguem paralelamente do início ao final do período chuvoso.

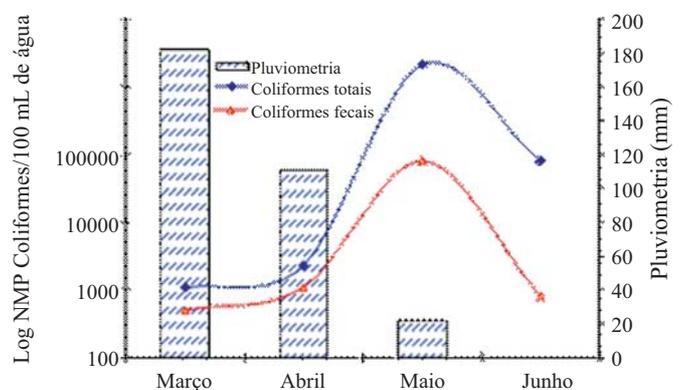


Figura 10. Influência do período de chuvas na quantidade de coliformes totais e fecais em quatro locais de coleta na Lagoa de Apodi, nos meses de março a junho de 2002

CONCLUSÕES

1. A salinidade da água da Lagoa do Apodi varia em todo o seu espelho, principalmente nas extremidades oeste e sudeste, aumentando no período seco e diminuindo nas chuvas, com maior predisposição ao aumento da salinidade nos locais onde houve intervenção humana na forma natural da lagoa.

2. Há uma grande variabilidade espacial nas características físicas e químicas de local para local, principalmente para pH, CE, RAS e teores de Na e Cl, sendo o Na e o Cl os íons encontrados com maiores concentrações, tanto para os pontos de coleta como para a época de coleta.

3. A variação na qualidade bacteriológica da água compromete a balneabilidade da Lagoa do Apodi, em particular logo após o período das chuvas.

LITERATURA CITADA

- APHA – American Public Health Association. Compendium of methods for the microbiological examination. Washington: APHA, 1992. 701p.
- Ayers, R. S.; Westcot, D. W. A qualidade da água na agricultura. Campina Grande: UFPB. 1991. 218p. Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29
- Batalha, B. L.; Parlato, A. C. Controle da qualidade da água para consumo humano. São Paulo: CETESB, 1977. 198p.
- Brasil. Portaria n. 36 – Dispõe sobre as normas e o padrão de potabilidade da água destinada ao consumo humano, a serem observadas em todo o território nacional – Brasília, Diário Oficial da União, 19 de janeiro de 1997.
- Bringel, S. R. B.; Santos, U. M.; Ribeiro, M. N. G., Bergamin Filho, H. Bacia do rio Parauari Maués-Açu. Aspectos químicos devidos às alterações hidrológicas da bacia. Acta Amazonica, v.14, n.1-2, p.77-85, 1984.
- Brito, L. T. L.; Srinivasan, V. S.; Silva, A. de S.; Gheyi, H. R.; Galvão, C. de O.; Hermes, L. Influência das atividades antrópicas na qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Salitre. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, n.4, p.596-602, 2005.
- CETESB – Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. Guia de coleta e preservação de amostras de água – São Paulo: CETESB, 1988. 150p.
- Coimbra, R.; Rocha, C. L.; Beekman, G. B. Recursos hídricos: Conceitos, desafios, capacitação. Brasília: ANEEL, 1999. 78p.
- CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 20, de 18 de junho de 1986 (D.O.U. de 30.07.86). Decreto nº 88.351 de 1º de junho de 1983.
- Davies, S. N.; Dewiest, R. J. M. Water quality. In: Davies, S. N.; Dewiest, R. J. M. Hydrogeology. New York: John Wiley & Sons, 1966. Chapter 4, p.96-128.
- Dias, N. da S.; Duarte, S. N.; Gheyi, H. R. Prevenção, manejo e recuperação de solos afetados por sais. Piracicaba: ESALQ/USP/LER. 2003. 118p.
- Euclides, R. F. Sistema para análises estatísticas e genéticas. Viçosa: UFV, 2003, 68p.
- Emiliani, F.; Gonzáles, S. M. P. Bacteriological quality of Bendetti Lake (Santo Tome, Santa Fé Province, Argentina) and associated environmental variables. Revista Argentina de Microbiologia, v.30, n.1, p.30-38, 1998.
- Lobato, F. A. de O.; Andrade, E. M. de; Meireles, A. C. M.; Cristostomo, L. A. Sazonalidade na qualidade da água de irrigação do Distrito Irrigado Baixo Acaraú, Ceará. Revista Ciência Agrônômica, v.39, n.1, p.167-172, 2008.
- Logar, J. Interpretação de análises químicas de águas, 1ed. Recife, 1965. n.p.
- Martins, L. H. Avaliação da qualidade da água nos mananciais superficiais disponíveis para irrigação na zona Oeste Potiguar. Mossoró: ESAM, 1993. 97p. Monografia Especialização
- Medeiros, J. F. de; Lisboa, R. de A.; Oliveira, M.; Silva Júnior, M. J. da; Alves, L. P. Caracterização das águas subterrâneas usadas para irrigação na área produtora de melão da Chapada do Apodi. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.7, n.3, p.469-472, 2003.
- Oliveira, O.; Maia, C. E. Qualidade físico-química da água para a irrigação em diferentes aquíferos na área sedimentar do Estado do Rio Grande do Norte. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.2, n.1, p.17-21, 1998.
- OMS – Organização Mundial da Saúde. Comité de expertos de la OMS en patronos biológicos. Ginebra: OMS. 1971. 94p. Série de informes técnicos, 463.
- ONU – Organização das Nações Unidas. <<http://www.onubrasil.org.br/>>. 12 de Fev. 2004.
- Rebouças, A. C.; Braga, B.; Tundisi, J. G. Águas doces do Brasil: Capital ecológico, uso e conservação. São Paulo: Escrituras, 2001. 717p.
- Richards, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Salinity Laboratory. 1954. 160p. Agriculture Handbook, 60.
- Sá, J. U. de. Base municipal de informações das águas subterrâneas município de Apodi, RN. Recife: Ministério de Minas e Energia. 2000, 61p. Série Hidrogeologia, 21.
- Welch, P.; David, J.; Clarke, W.; Trinidad A.; Penner D.; Bernstein, S. Microbial quality water in rural communities of Trinidad. Revista Panamericana de Salud Pública, v.8, n.3, p.172-180, 2000.